

7. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
8. Щеклеин С. Е., Коржавин С. А., Данилов В. Ю., Велькин В. И. Экспериментальное исследование эффективности комбинированной системы солнечной теплогенерации // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3. С. 77–81.

УДК 669.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВЕЛЬЦ-ПЕЧИ

## IMPROVEMENT THERMAL PERFORMANCE OF WAELZ KILN

Плешкова А. В., Воронов Г. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,

pleshkova.av@gmail.ru

Pleshkova A. V., Voronov G. V.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** в статье рассмотрена проблема утилизации гидрометаллургических отходов. Приведены способы получения и востребованность окиси цинка. Охарактеризованы особенности процесса вельцевания. Представлены материальный и тепловой балансы вельц-печи, на основе анализа которых предложены решения, позволяющие улучшить тепловую работу, увеличить производительность и качество готового продукта. Проанализирована тепловая работа и рассчитаны длины технологических зон вельц-печи.

**Abstract:** the article explores hydrometallurgical waste utilization problem. Production methods and importance of zinc oxide are presented along with general information and Waelz kiln structures with gas purifiers. Then general charging material preparation principles are defined, waelz process characteristics and actions to get final products

(waelz oxide and waelz slag) are described. Finally, waelz kiln heat and mass balances are presented along with measures based on them aimed at thermal performance improvement, increase in efficiency and quality of final products. The thermal work is analyzed and the lengths of the technological zones of the waelz furnace are calculated.

**Ключевые слова:** вельц-печь, шихта, цинковый кек, клинкер, вельц-окись, материальный баланс, тепловой баланс, технологические зоны.

**Key words:** waelz kiln, charging material, zinc cake, waelz slag, waelz oxide, mass balance, heat balance, technological zones.

Окись цинка нашла применение во многих промышленности. В настоящее время один из способов получения данного соединения – процесс вельцевания во вращающихся трубчатых печах – решает актуальную задачу: утилизация отходов гидрометаллургического цикла.

Цинкосодержащие материалы обрабатывают при температуре в реакционной зоне 1100–1250 °С в присутствии твердого восстановителя при постоянном перемешивании [1]. Процесс вельцевания характеризуется восстановительной атмосферой в слое шихты и окислительной в газовой фазе печи [2].

По мнению большинства авторов, вельц-печь можно условно разделить на зоны (рисунок).

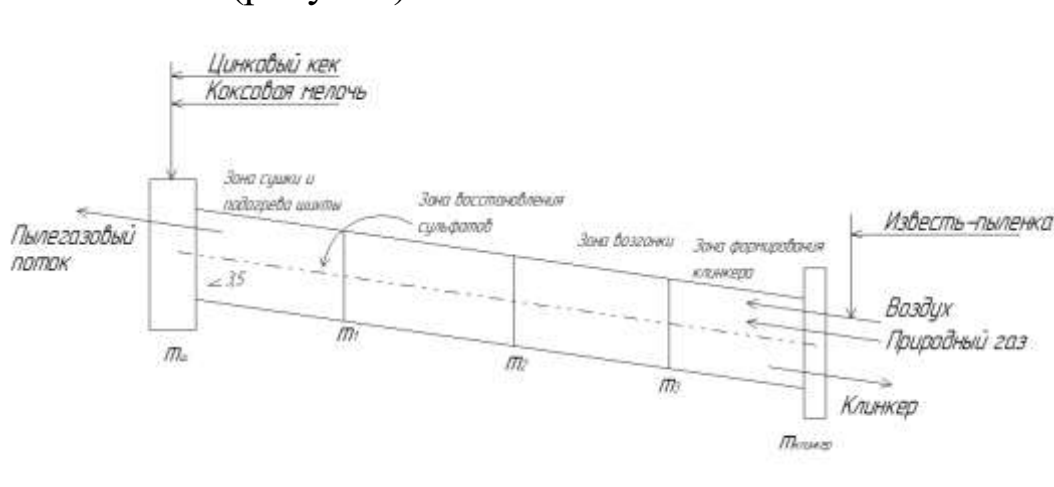


Схема вельц-печи с разделением на технологические зоны

Сушка и подогрев шихты – располагается на длине 8–10 м от загрузочного конца вельц-печи. В этой зоне удаляется свободная и связанная влага, шихта нагревается до температуры начала реакций.

Восстановление сульфатов – располагается от 10-го до 20-того метра длины печи. В этой зоне разлагается большая часть сульфатов, начинает возгоняться цинк и улетучивается кадмий.

Возгонка цинка – располагается от 20-того до 33-го метра длины печи. В этой зоне интенсивно развиваются процессы восстановления оксида цинка. Наиболее интенсивно возгонка цинка происходит в зоне наибольших температур.

Формирование клинкера – располагается на 33–41 м от загрузочного конца вельц-печи. В зоне клинкерообразования возгоночные процессы постепенно прекращаются, здесь идет преимущественно восстановление соединений железа.

На основе известного химического состава шихтовых материалов выполнен расчет материального баланса для каждой зоны печи. Полученные данные сведены в общий материальный баланс по печи, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Материальный баланс вельц-печи

Приход			Расход		
Наименование статьи	Размерность		Наименование статьи	Размерность	
	кг/ч	%		кг/ч	%
Цинковый кек	12 333,33	15,28	Вельц-окись	3 904,17	4,84
Коксовая мелочь	3 316,67	4,11	Клинкер	9 445,83	11,70
Вода шихты:	4 883,34	6,05	Дымовые газы	60 854,85	75,40
- цинкового кека	4 516,67	5,60	Запыленность газов	6 500,80	8,05
- коксовой мелочи	366,67	0,45			
Вторичная коксовая мелочь	2 195,83	2,72			
Известь-пыленка	400,00	0,50			
Хлоринаторы	1 040,00	1,29			
- цинковый дроссы	520,00	0,64			
- хлорид натрия	30,00	0,04			
Пар	3 000,00	3,72			

Возврат	937,50	1,16			
Природный газ	729,00	0,90			
Воздух	51 857,05	64,26			
Итого	80 692,72	100,00	Итого	80 705,65	100,00

Невязка  $\Delta=0,02\%$ , что составляет 12,94 кг/ч.

Для анализа тепловой работы вельц-печи рассчитан тепловой баланс, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Тепловой баланс вельц-печи

Приход			Расход		
Наименование статьи	Размерность		Наименование статьи	Размерность	
	кВт·ч	%		кВт·ч	%
1) Химическая теплота топлива	9 855,96	58,81	1) Полезно затраченная теплота	7 404,43	43,77
2) Физическая теплота топлива	12,07	0,07	2) Потери с уходящими газами	3 670,94	21,70
3) Физическая теплота окислителя	69,93	0,42	3) Потери с пылью	1 520,56	8,99
4) Физическая теплота шихтовых материалов	178,70	1,07	4) Потери с химическим недожогом	98,56	0,58
5) Физическая теплота пара	441,27	2,63	5) Потери с механическим недожогом	2 037,79	12,05
6) Физическая теплота воздуха, подаваемого на процесс	223,71	1,33	6) Потери в окружающее пространство	2 184,86	12,92
7) Теплота реакций	5 977,11	35,67			
Итого	16 758,74	100	Итого	16 917,13	100

Невязка баланса  $\Delta=0,95\%$ , что составляет 158,39 кВт·ч.

Для экономии природного газа необходимо использовать материалы, имеющие низкий коэффициент теплопроводности – хромитопериклазовый термостойкий (ХПТ) огнеупор и муллитокремнеземистый огнеупорный войлок (МКРВ).

Также выполнен зональный расчет тепловой работы печи с целью определения длин зон:

- 1) сушка и подогрев шихты – 9,5 м;
- 2) восстановление сульфатов – 9 м
- 3) возгонка цинка – 13,5 м.
- 4) формирование клинкера – 7,5 м.

Общая длина печи составляет 39,5 м.

Полученные расчетным путем длины зон соответствуют литературным данным [2].

Результаты расчета показали, что при неизменном температурном режиме работы печи при замене огнеупорного (в зонах сушки и подогрева шихты, восстановления сульфатов, возгонки цинка) и теплоизоляционного слоев (во всех технологических зонах) экономия составит более 2 000 тыс. руб./год.

#### Список используемых источников

1. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов / С. С. Набойченко, Н. Г. Агеев, А. П. Дорошкевич, В. П. Жуков, Е. И. Елисеев, С. В. Карелов, А. Б. Лебедь, С. В. Мамяченков. Екатеринбург : УГТУ, 1997. 648 с.
2. Вельц-процесс/ П. А. Козлов. М. : Издательский дом «Руда и металлы», 2002. 176 с.

УДК 621.039

## **КОМБИНИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМНОЙ СТАНЦИИ**

## **COMBINED HEAT AND ELECTRICITY GENERATION WITH THE USE OF A NUCLEAR POWER PLANT**